93-01749/

Cahiers de biologie — **Service canadien de la faune**

Ces cahiers renferment des données et des conclusions à propos de nature à intéresser les biologistes d'autres organismes.

Also available in English

N° 202, octobre 1992

Réserves nutritives des Canards noirs hivernant dans l'estuaire du Saint-Laurent (Québec)

Gilles Gauthier[a], Line Choinière[a] et Jean-Pierre L. Savard[b]

Résumé

Des études effectuées récemment dans le Maine laissent supposer que l'hiver constitue une contrainte au plan énergétique pour les Canards noirs *Anas rubripes*. Dans le cadre de la présente étude, nous avons examiné la dynamique des réserves nutritives chez les Canards noirs qui passent l'hiver dans l'estuaire du Saint-Laurent (Québec), un milieu aux conditions très rigoureuses. On a analysé les réserves de graisse et de protéines des Canards noirs capturés en octobre, en décembre et en mars. On a observé une augmentation des réserves de graisse d'octobre à décembre, suivie d'une diminution de décembre à mars. Les réserves protéiques sont demeurées stables d'octobre à décembre, mais ont diminué de décembre à mars. Les réserves de graisse et de protéines étaient semblables chez les deux sexes. Les réserves de graisse des immatures étaient semblables à celles des adultes, mais les réserves protéiques des immatures étaient inférieures à celles des adultes. Ces comparaisons n'étaient pas faussées par les différences de taille corporelle, étant donné que nous avons éliminé l'effet de la taille en utilisant la longueur totale du corps comme covariable. Les variations constatées dans les réserves nutritives des Canards noirs de l'estuaire du Saint-Laurent étaient semblables à celles signalées chez les Canards noirs en captivité et chez plusieurs autres espèces de sauvagine hivernant dans des milieux plus cléments. Les poids corporels des Canards noirs adultes hivernant dans l'estuaire du Saint-Laurent étaient semblables à ceux des Canards noirs en captivité. Nos données corroborent l'hypothèse selon laquelle les réserves énergétiques des Canards noirs hivernants sont réglées par un cycle endogène plutôt que par les conditions du milieu.

Introduction

L'hiver a traditionnellement été considéré comme une période de stress pour les oiseaux des régions tempérées. Chez la sauvagine, les diminutions de poids corporel et des réserves de graisse pendant l'hiver ont été invoquées comme preuve que les oiseaux métabolisaient leurs réserves endogènes pour survivre pendant les périodes de stress (Hanson 1962; Peterson et Ellarson 1979; Kaminsky et Ryan 1981; Albright et al. 1983). Le manque de nourriture, la brièveté du jour et le froid étaient communément considérés comme des facteurs de stress. Des études récentes sur la relation entre le poids corporel et la survie en hiver chez des espèces de sauvagine ont appuyé quelque peu cette hypothèse (p. ex., Haramis et al. 1986; Conroy et al. 1989).

Cependant, selon une autre hypothèse, la diminution du poids et des réserves de graisse pendant l'hiver serait attribuable à un cycle endogène. Des études ont montré que les Canards noirs *Anas rubripes*, les Canards colverts *Anas platyrhynchos* et les Morillons à dos blanc *Aythya valisineria* nourris *ad libitum* en captivité prenaient du poids à l'automne, atteignaient leur poids maximal en décembre et perdaient du poids à la fin de l'hiver (Hepp 1986; Perry et al. 1986; Pattenden et Boag 1989). On a aussi observé des courbes similaires de variation de poids chez plusieurs espèces de sauvagine à l'état sauvage (Reinecke et al. 1982; Whyte et Bolen 1984; Baldassare et al. 1986; Miller 1986).

De tous les canards de surface de l'Amérique du Nord, le Canard noir est celui qui hiverne sous les latitudes les plus septentrionales (Bellrose 1980). Il est donc digne d'intérêt d'examiner la dynamique des réserves énergétiques de cette espèce en fonction des conditions qui prévalent dans son habitat. Dans l'estuaire, les conditions auxquelles est exposée la population de Canards noirs sont rigoureuses : pendant l'hiver, froids extrêmes (le minimum moyen en janvier est de -20°C), couverture de glace étendue (la couverture de glace est supérieure à 90 % de la mi-décembre à la fin de mars), jour de courte durée (< 9 h) et ressources alimentaires limitées (composées en grande partie de *Gammarus* spp. et de *Littorina*) (Savard 1990; voir aussi Jorde et Owen 1988). La présente étude a pour objectif d'examiner la dynamique des réserves énergétiques (graisse et protéines) des Canards noirs durant leur hivernage dans les conditions rigoureuses de l'estuaire du Saint-Laurent.

Méthodes

Aire d'étude

Les Canards noirs ont été capturés au sein d'une population de 2 000 à 4 000 individus passant l'hiver dans l'estuaire du Saint-Laurent à l'embouchure du Saguenay (Québec) (Reed et Bourget 1977; Lehoux et al. 1985; Savard 1990). Les courants de marée et le débit du Saguenay laissent de l'eau libre entre les glaces et des portions de vasières libres de glace le long de la rive nord de l'estuaire du Saint-Laurent tout au long de l'hiver. En octobre et en décembre, des canards ont été capturés à

[a] Département de biologie, Université Laval, Sainte-Foy (Québec) G1K 7P4.
[b] SCF, C.P. 10100, Sainte-Foy (Québec) G1V 4H5.

7 km en amont de l'embouchure du Saguenay près de Baie-Sainte-Catherine; en mars, après que les canards se furent déplacés en aval, on en a capturé près de Grandes-Bergeronnes à 20 km du confluent du Saguenay et du Saint-Laurent.

Capture des oiseaux et analyse des carcasses

Les Canards noirs ont été capturés entre le 14 et le 17 octobre (échantillonnage de l'automne), entre le 12 et le 14 décembre (échantillonnage du début de l'hiver) et le 8 mars (échantillonnage de la fin de l'hiver). Les oiseaux ont été abattus puis congelés en l'espace de quelques heures. Une fois dégelés, les oiseaux ont été pesés au gramme près. On a ensuite mesuré au 0,1 mm près, à l'aide d'un pied à coulisse, le culmen, la longueur du tarse, la longueur du doigt médian (sans compter l'ongle), la longueur du sternum et la largeur du bec (à l'extrémité postérieure du *naris*). La longueur totale du corps (du bout du bec à l'extrémité de la plus longue plume de la queue) et la longueur des ailes ont été mesurées au millimètre près à l'aide d'une règle à mesurer. Nous avons déterminé le sexe et l'âge des oiseaux en examinant leur cloaque. La présence de la bourse de Fabricius nous a servi de critère de classement des individus immatures (< 1 an); les oiseaux qui en étaient dépourvus ont tous été considérés comme des adultes.

Les plumes ont été enlevées puis jetées, et les organes suivants ont été prélevés : la peau avec la couche adhérente de graisse sous-cutanée, la masse de graisse de l'abdomen, les muscles de la partie droite de la poitrine, les muscles de la patte droite (y compris tous les muscles partant du fémur ou de l'articulation tibio-tarsienne) et le gésier. Ce qui restait de l'oiseau après l'ablation de ces organes constitue ce que l'on a désigné ici comme étant la carcasse. Le tube digestif a été vidé et le poids de son contenu, soustrait du poids de l'animal fraîchement capturé, pour obtenir le poids corporel sans les ingesta (ci-après nommé poids corporel).

Nous avons supposé que la masse de graisse abdominale était constituée à 100 % de graisse; elle n'a pas été analysée. Les muscles ont été hachés. La peau et la carcasse ont été hachées et homogénéisées dans un hachoir à viande Hobart alors qu'elles étaient encore gelées (afin de réduire les pertes de matière grasse). Tous les tissus ont été lyophilisés à poids constant. Nous avons prélevé dans les homogénats de carcasse et de peau des échantillons de 100 g et 75 g, respectivement, qui ont été ensuite lyophilisés. La teneur en gras des tissus séchés a été déterminée par extraction à l'éther à l'aide d'un appareil Rafatec (Gauthier et al. 1984). Des séries d'échantillons de 1 g de chaque tissu ont été soumis à une extraction de 30 min (1 h pour la peau) à l'éther de pétrole. On a procédé à une troisième extraction quand il y avait une différence de plus de 3 % entre les deux premières. La graisse corporelle totale a été définie comme la sommation de la teneur en gras de la peau (graisse sous-cutanée), des muscles de la poitrine et de la patte, du gésier, de la carcasse et de la graisse abdominale.

Tableau 1
Équations de régression de la teneur en gras (%) en fonction de la teneur en eau (%) dans différents organes des Canards noirs (N = 25)

Organe	r^2	Coordonnée à l'origine	Pente	É.-T.[a]	P
Peau	0,977	94,19	−1,344	2,728	<0,001
Muscles de la poitrine	0,688	47,12	−0,628	0,453	<0,001
Muscles de la patte	0,833	77,21	−1,013	1,055	<0,001
Gésier	0,521	57,22	−0,758	1,142	<0,001
Carcasse	0,828	70,53	−0,970	1,209	<0,001

[a] Écart-type de l'estimation.

Les extractions n'ont été effectuées que pour la moitié des canards capturés. Les canards ont été choisis au hasard quoique nous ayons ajouté des individus très maigres et très gras afin que les formules de prédiction couvrent toute la gamme des valeurs rencontrées. Pour le reste des oiseaux, la quantité de graisse était calculée approximativement à partir de la teneur en eau à l'aide des équations de régression entre la teneur en gras en fonction de la teneur en eau établies pour chaque organe des spécimens analysés. Ces équations sont présentées au tableau 1. Les valeurs de r^2 montrent que les formules de prédiction n'estimaient pas la teneur en gras de la poitrine et du gésier aussi bien que la teneur en gras des autres organes. Toutefois, cela avait peu d'incidence sur la graisse corporelle totale puisque ces deux organes ne renferment qu'à peine moins de 5 % de cette dernière.

Le poids sec sans gras de la peau, des muscles de la poitrine et de la patte ainsi que du gésier a été considéré commme étant celui des protéines seulement (Drobney 1982). Étant donné que la carcasse comprenait les os, la teneur en minéraux a été déterminée par incinération d'un échantillon de 5 g de matière sèche. Le résultat du poids sec sans gras (PSSG) de la carcasse moins le poids des cendres a été considéré comme étant le poids des protéines seulement. Les protéines corporelles totales ont été définies comme étant la somme du PSSG de la peau, des muscles de la poitrine et de la patte, du gésier et de la carcasse, moins les cendres.

Nous avons recouru à l'analyse de la covariance (ANCOVA) pour calculer les variations de la teneur du corps en graisse et en protéines, avec la longueur totale du corps comme covariable (Blem 1984). Les indices de condition ont été mis à l'épreuve à l'aide d'une analyse de régression multiple. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide des procédés SAS (SAS Institute Inc. 1983) et Statgraphics (Statistical Graphics Corporation 1988).

Tableau 2
Corrélation entre sept mesures morphométriques et le poids sec sans gras chez les Canards noirs (N = 51)

Mesure	r^2	P
Longueur totale du corps	0,534	<0,001
Culmen	0,252	<0,001
Largeur du bec	0,464	<0,001
Longueur du tarse	0,026	0,082
Longueur du doigt médian	0,130	0,002
Longueur du sternum	0,419	<0,001
Longueur de l'aile	0,542	<0,001

Résultats

Correction pour la taille corporelle

La taille corporelle est souvent une source importante de variation des réserves énergétiques des oiseaux, particulièrement des réserves protéiques (Johnson et al. 1985; Alisauskas et Ankney 1987). Pour déterminer une mesure morphométrique reflétant la plus grande variance possible dans la taille corporelle (Johnson et al. 1985; Moser et Rusch 1988), nous avons mis en corrélation sept mesures morphométriques avec le PSSG des oiseaux (signalons que le PSSG comprend la teneur en minéraux des os, un élément important de la taille corporelle). La longueur de l'aile et la longueur totale du corps nous ont fourni les plus fortes corrélations, ces deux variables contribuant chacune à environ 54 % de la variance du PSSG (tableau 2). Nous avons choisi de retenir la longueur totale du corps comme indice de la taille corporelle pour le reste des analyses.

Variations des réserves énergétiques

Les variations du poids corporel et de la teneur en graisse et en protéines en fonction de la saison, du sexe et de l'âge ont été examinées à l'aide de l'ANCOVA, avec la longueur totale du corps comme covariable (Blem 1984). Les valeurs présentées dans les figures 1 et 2 ont été corrigées pour la taille corporelle par le truchement de l'ANCOVA; les données originales sont présentées à l'annexe 1 avec la taille des échantillons. Dans toutes les analyses de la covariance, les interactions entre la saison, le sexe et l'âge se sont avérées non significatives ($P > 0,05$, sauf dans un cas où $P = 0,047$). Les principaux effets ont donc pu être considérés séparément.

Poids corporel. Les Canards noirs étaient significativement plus pesants en décembre qu'en mars (fig. 1). Cependant, l'effet global de la saison sur le poids corporel n'est pas significatif selon l'ANCOVA ($P = 0,08$) (tableau 3). Le poids corporel ne différait pas entre les sexes, mais il différait entre les catégories d'âge (tableau 3), les immatures étant significativement plus légers que les adultes (fig.1).

Réserves de graisse. Les Canards noirs capturés en décembre étaient significativement plus gras que ceux capturés en octobre ou en mars (tableau 3, fig. 1). La graisse corporelle a diminué de 51 % de décembre à mars. La teneur en gras des oiseaux capturés en octobre était semblable à celle des oiseaux capturés en mars. Il n'y avait pas de différences significatives dans la graisse corporelle totale, la graisse sous-cutanée et la graisse abdominale entre les sexes et entre les immatures et les adultes (tableau 3, fig. 1).

Réserves protéiques. Le taux de protéines corporelles des canards était significativement moins élevé en mars qu'en octobre ou en décembre (tableau 4, fig. 2). Les canards capturés en mars avaient 10 % moins de protéines que ceux capturés en décembre. Les variations saisonnières du taux de protéines de la poitrine, de la patte et du gésier ne suivaient pas la même courbe que celles des protéines corporelles totales. Le taux de protéines de la poitrine augmentait de façon significative d'octobre à décembre et décroissait, quoique de façon non significative entre décembre et mars (fig. 2). Le taux de protéines de la patte ne variait pas de façon significative d'une saison à l'autre (tableau 4), bien qu'on ait observé une tendance à la hausse entre octobre et décembre. Le taux de protéines du gésier diminuait de façon significative d'octobre à décembre (tableau 4, fig. 2), mais demeurait constant de décembre à mars.

Les réserves protéiques des divers muscles ne différaient pas entre les sexes (tableau 4). Les taux de protéines totales et du gésier étaient légèrement plus élevés chez les mâles, mais pas de façon significative (fig. 2). Le taux de protéines différait de façon significative entre les catégories d'âge pour tous les muscles à l'exception du gésier (tableau 4) : il était plus élevé chez les adultes que chez les immatures (fig. 2).

Indices de condition

Nous avons tenté de prédire les quantités de graisse corporelle et de protéines totales en utilisant des mesures corporelles externes. Le poids corporel et les mesures morphométriques ayant une corrélation significative avec le PSSG (c.-à-d. toutes les mesures sauf la longueur du tarse, tableau 2) ont été introduits en tant que variables indépendantes dans les régressions multiples. Les mâles et les femelles ont été analysés séparément étant donné que les paramètres et le pouvoir d'explication des formules de prédiction différaient d'un sexe à l'autre (tableau 5).

Réserves de graisse. Pour les deux sexes, nous avons introduit dans le modèle seulement le poids corporel pour prédire de façon significative la graisse corporelle totale (tableau 5). Aucune des mesures morphométriques n'améliorait le modèle de façon significative. À lui seul, le poids corporel rendait compte de 82 % de la variation de la graisse corporelle chez les femelles, plutôt qu'à seulement 69 % chez les mâles.

Figure 1
Poids corporel, graisse corporelle totale, graisse sous-cutanée et graisse abdominale chez les Canards noirs, en fonction de la saison, du sexe et de l'âge. Les poids moyens ont été corrigés pour la taille corporelle avec la longueur totale du corps comme covariable dans l'ANCOVA. Les moyennes accompagnées de la même lettre ne diffèrent pas de façon significative au niveau 0,05 (moyenne ± plus petite différence significative).

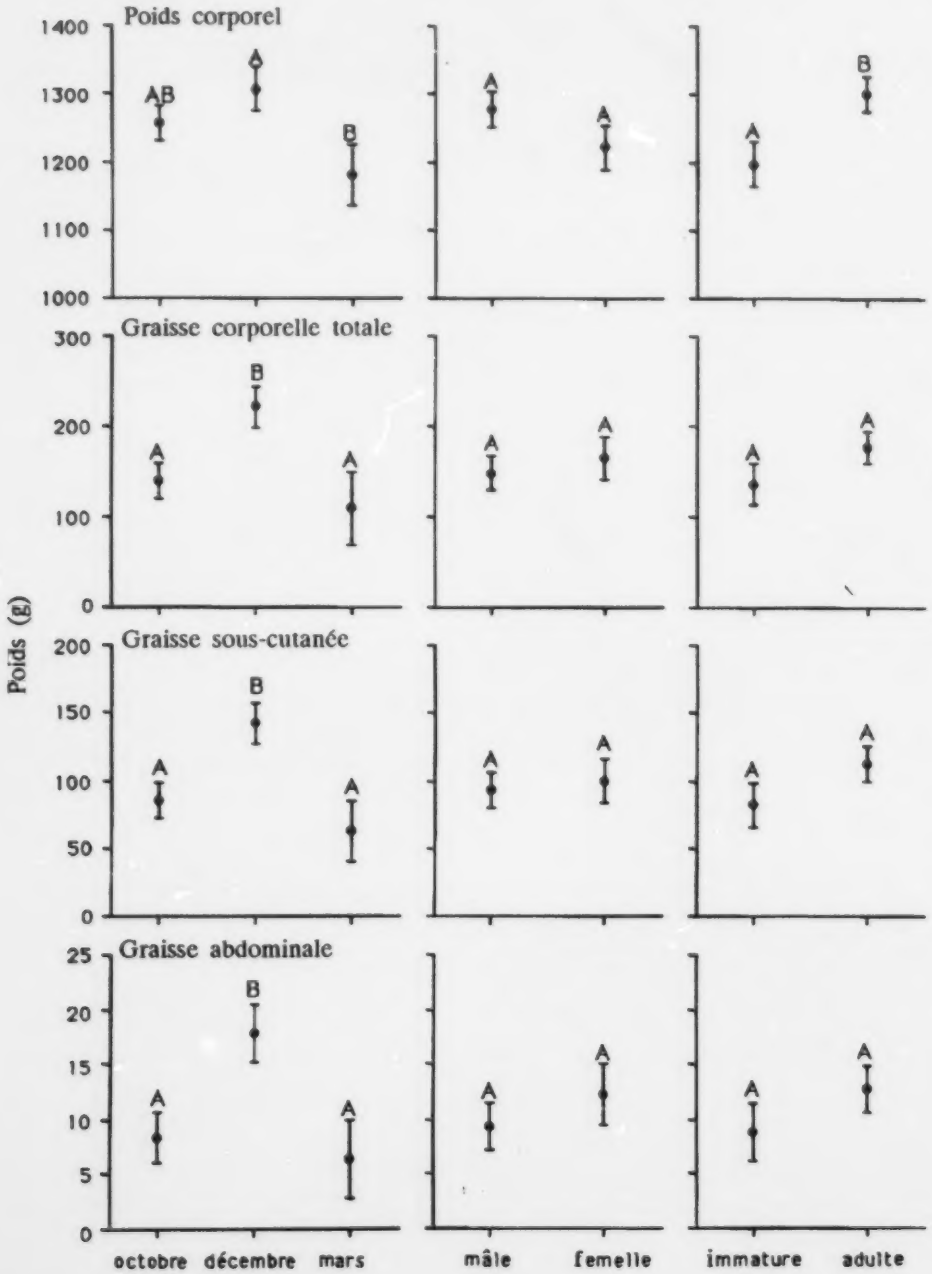

Figure 2
Protéine corporelles totales, protéines de la poitrine, protéines de la patte et protéines du gésier chez les Canards noirs, en fonction de la saison, du sexe et de l'âge. Les poids moyens ont été corrigés pour la taille corporelle avec la longueur totale du corps comme covariable dans l'ANCOVA. Les moyennes accompagnées de la même lettre ne diffèrent pas de façon significative au niveau 0,05 (moyenne ± plus petite différence significative).

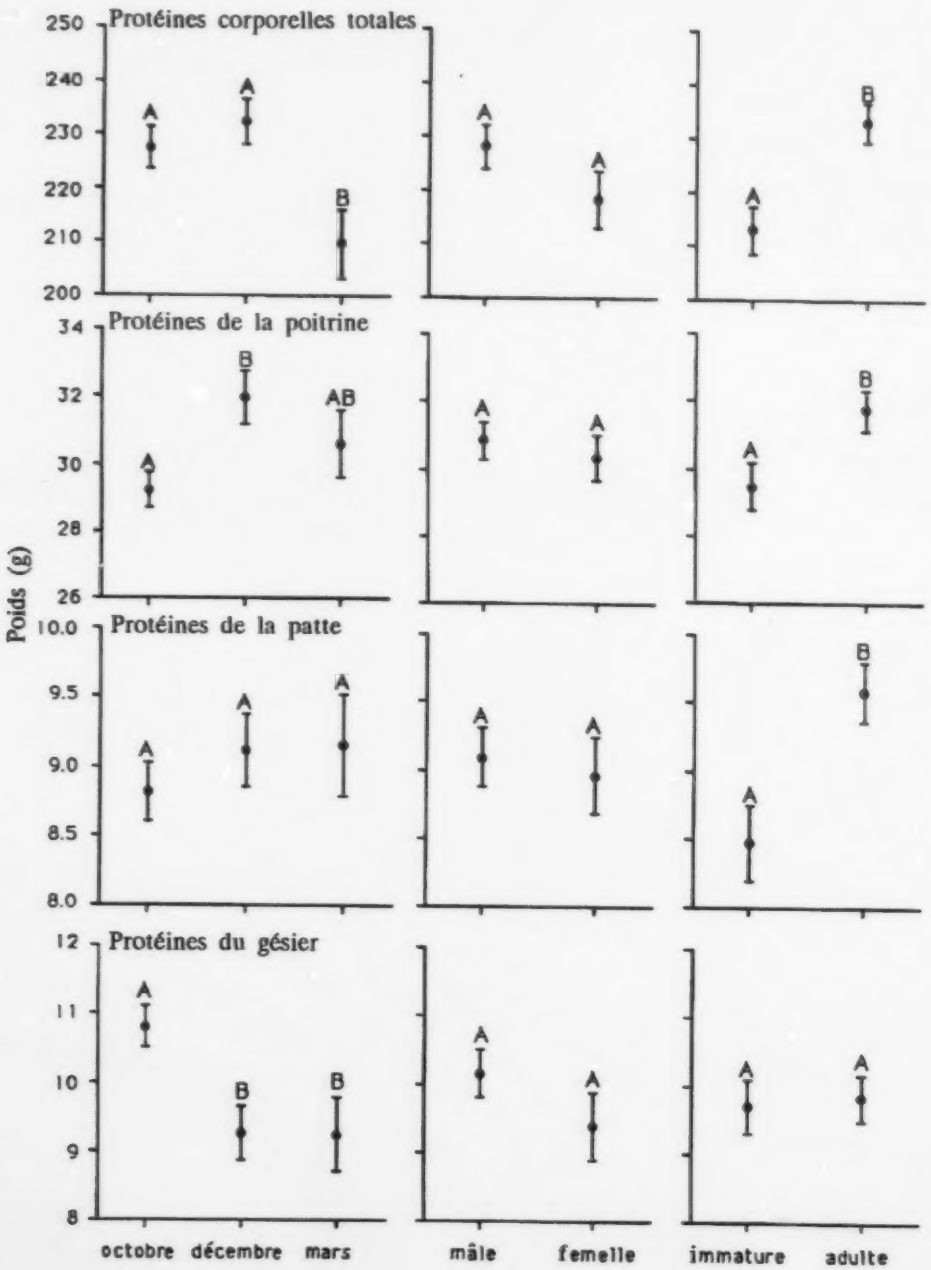

Tableau 3
Analyse de covariance du poids corporel, de la graisse corporelle totale, de la graisse sous-cutanée et de la graisse abdominale en fonction de la saison, du sexe et de l'âge chez les Canards noirs hivernants, avec la longueur totale du corps comme covariable

Variable	Source de variation[a]	F	P	Degré de liberté
Poids corporel	Modèle complet	9,48	<0,001	12
	Saison	2,72	0,079	2
	Sexe	1,60	0,214	1
	Âge	6,01	0,019	1
	Long. du corps	15,21	<0,001	1
Graisse corporelle totale	Modèle complet	5,70	<0,001	12
	Saison	5,49	0,008	2
	Sexe	0,30	0,585	1
	Âge	1,85	0,181	1
	Long. du corps	6,97	0,012	1
Graisse sous-cutanée	Modèle complet	5,74	<0,001	12
	Saison	5,57	0,008	2
	Sexe	0,11	0,740	1
	Âge	2,63	0,156	1
	Long. du corps	4,93	0,035	1
Graisse abdominal	Modèle complet	3,76	<0,001	12
	Saison	4,82	0,014	2
	Sexe	0,65	0,426	1
	Âge	1,33	0,256	1
	Long. du corps	4,11	0,050	1

[a] Les interactions (saison × sexe, saison × âge, sexe × âge, saison × sexe × âge) ne sont pas significatives (P > 0,05), à l'exception de l'interaction saison × sexe pour la graisse sous-cutanée (P = 0,047).

Tableau 4
Analyse de covariance des protéines corporelles totales, et des protéines de la poitrine, de la patte et du gésier en fonction de la saison, du sexe et de l'âge chez les Canards noirs hivernants, avec la longueur totale du corps comme covariable

Variable	Source de variation[a]	F	P	Degré de liberté
Protéines corporelles totales	Modèle complet	10,25	<0,001	12
	Saison	4,38	0,020	2
	Sexe	2,40	0,129	1
	Âge	11,00	0,002	1
	Long. du corps	13,62	<0,001	1
Protéines de la poitrine	Modèle complet	10,39	<0,001	12
	Saison	3,88	0,029	2
	Sexe	0,26	0,611	1
	Âge	5,45	0,025	1
	Long. du corps	12,37	0,001	1
Protéines de la patte	Modèle complet	5,73	<0,001	12
	Saison	0,48	0,620	2
	Sexe	0,11	0,740	1
	Âge	9,80	0,003	1
	Long. du corps	2,33	0,135	1
Protéines du gésier	Modèle complet	2,43	0,019	12
	Saison	5,43	0,008	2
	Sexe	1,91	0,175	1
	Âge	0,08	0,778	1
	Long. du corps	3,21	0,081	1

[a] Les interactions (saison × sexe, saison × âge, sexe × âge, saison × sexe × âge) ne sont pas significatives (P > 0,05).

Johnson et al. (1985) ainsi que Moser et Rusch (1988) ont suggéré l'utilisation d'indices de condition ajustés à la taille corporelle plutôt que de la graisse totale dans les formules de prédiction fondées sur des mesures externes. Nous avons calculé deux indices : graisse totale/PSSG (l'indice des lipides de Johnson et al. 1985) et graisse totale/longueur totale du corps (LT), la LT étant la variable que nous avons retenue comme indice de la taille corporelle dans l'analyse précédente. Pour les deux sexes, le poids corporel était à nouveau la meilleure variable de prédiction de l'indice de condition graisse totale/PSSG (tableau 5). Cependant, le pourcentage de variation couvert par le modèle était plus faible pour l'indice graisse totale/PSSG que pour la graisse totale. Pour ce qui est de l'indice graisse totale/LT, le poids corporel était également, à lui seul, la meilleure variable de prédiction chez les femelles. Chez les mâles, par contre, la longueur totale a dû être introduite dans le modèle de prédiction, en plus du poids corporel. Chez les femelles, la formule prédictive rendait compte d'un peu moins de variance dans l'indice graisse totale/LT que dans la graisse totale, alors que c'était le contraire chez les mâles.

Pour plusieurs espèces de sauvagine, il est fréquent d'utiliser la graisse abdominale comme variable de prédiction de la graisse totale dans le cas des oiseaux morts (Wishart 1979; Gauthier et Bédard 1985; Hohman et Taylor 1986). Afin d'éprouver la valeur de cette variable dans la prédiction de la graisse corporelle chez les Canards noirs, nous avons substitué la graisse abdominale au poids corporel dans les analyses de régression multiple. Pour les deux sexes, la graisse abdominale était une bonne variable de prédiction de la graisse totale et de l'indice graisse totale/LT (tableau 6). Dans l'équation de l'indice graisse totale/LT pour les femelles, on a constaté que la longueur du culmen était une variable qui améliorait de façon significative la prédiction; elle a donc été incluse dans le modèle. Tout comme le poids corporel, la graisse abdominale est un paramètre qui rendait compte d'une plus forte proportion de variation chez les femelles (93 %) que chez les mâles (74 %).

Tableau 5
Régression multiple de la graisse (g) et des protéines (g) corporelles totales en fonction de mesures corporelles (mm) chez les Canards noirs[a,b]

Variable dépendante	R^2	Écart-type	Formule de prédiction
Mâles			
Graisse totale	0,692	62,3	Y = 0,6381(PC) – 673,38
Graisse totale/PSSG	0,566	0,238	Y = 0,00186(PC) – 1,8392
Graisse totale/LT	0,714	0,103	Y = 0,00117(PC) – 0,00210(LT)
Protéines totales	0,895	7,30	Y = 0,1039(PC) + 8,6601(LB) + 0,1692(LT) – 191,50
Protéines totales/LT	0,866	0,0125	Y = 0,000177(PC) – 0,000430(LT) + 0,01523(LB)
Femelles			
Graisse totale	0,819	37,1	Y = 0,5507(PC) – 488,39
Graisse totale/PSSG	0,719	0,166	Y = 0,00186(PC) – 1,5474
Graisse totale/LT	0,779	0,070	Y = 0,000924(PC) – 0,8009
Protéines totales	0,903	6,54	Y = 0,1301(PC) + 1,6565(CU)
Protéines totales/LT	0,735	0,0136	Y = 0,000219(PC) – 0,000491(LT) + 0,3985

[a] Seules les variables significatives ($P < 0,05$) sont comprises, et elles sont présentées par ordre décroissant d'importance dans les formules de prédiction.

[b] PC = poids corporel, LT = longueur totale du corps, PSSG = poids sec sans gras, LB = largeur du bec, CU = culmen.

Table 6
Régression multiple de la graisse corporelle totale (g) en fonction de la graisse abdominale (g) chez les Canards noirs[a,b]

Variable dépendante	R^2	É.-T.	Formule de prédiction
Mâle			
Graisse totale	0,736	57,1	Y = 8,469(GA) + 88,50
Graisse totale/LT	0,735	0,098	Y = 0,0145(GA) + 0,1534
Femelle			
Graisse totale	0,925	25,46	Y = 8,960(GA) + 57,62
Graisse totale/LT	0,935	0,043	Y = 0,0159(GA) – 0,0091(CU) + 0,5796

[a] Seules les variables significatives ($P < 0,05$) sont comprises, et elles sont présentées par ordre décroissant de signification dans les formules de prédiction.

[b] GA = graisse abdominale, CU = culmen, LT = longueur totale du corps.

Réserves protéiques. Pour les mâles, le modèle a retenu le poids corporel, la longueur totale du corps et la largeur du bec pour la formule de prédiction des protéines totales, tandis que pour les femelles, le poids corporel et la longueur du culmen ont été les variables retenues (tableau 5). Pour ce qui est de l'indice protéines totales/LT, les mêmes variables ont été introduites dans le modèle pour les mâles, mais la longueur totale a remplacé la longueur du culmen chez les femelles. Pour les mâles, les formules de prédiction des protéines totales et de l'indice protéines totales/LT rendaient compte chacune de plus de 86 % de la variation. Pour les femelles, toutefois, les formules de prédiction rendaient compte de 90 % de la variation des protéines totales, mais de seulement 74 % dans le cas de l'indice protéines totales/LT.

Discussion

Nos échantillons sont de faible importance, ce qui reflète bien la difficulté que présente la capture des canards dans l'estuaire du Saint-Laurent en hiver. Malgré le faible échantillonnage, les changements observés dans les réserves énergétiques allaient dans le même sens pour les deux sexes et les deux catégories d'âge pendant l'hiver. Par exemple, l'augmentation des réserves de graisse d'octobre à décembre et la baisse subséquente de décembre à mars ont été observées chez les deux sexes et les deux catégories d'âge (annexe 1). L'absence d'interactions significatives dans l'ANCOVA (tableaux 3 et 4) est une autre raison qui fait que nous sommes pratiquement certains que nos résultats sont valides.

Correction pour la taille corporelle

Dans nos analyses, nous avons tenté d'éliminer la variation liée à la taille corporelle. Nous nous sommes efforcés de trouver une mesure externe très fortement corrélée avec la taille corporelle, mesure pouvant être utilisée pour annuler l'effet des différences de taille. Selon Moser et Rusch (1988), le volume squelettique représente la meilleure mesure de la « taille » d'un oiseau. Le PSSG a déjà également été retenu comme indice de taille corporelle (Bailey 1979; Johnson et al. 1985). Comme il est difficile d'obtenir le volume squelettique, nous avons utilisé le PSSG.

Il y a au moins deux sources de variation dans le PSSG : la variation dans la masse musculaire et osseuse attribuable à la taille corporelle d'une part, et la variation dans la masse musculaire attribuable à la variation des réserves protéiques d'autre part. On présume que la variance inexpliquée dans les corrélations entre la morphométrie et le PSSG est associée à la variation dans les réserves protéiques. Nous avons constaté que la longueur de l'aile et la longueur totale du corps rendaient compte de proportions semblables de la variance dans le PSSG. Dans le cas des Canards colverts qui hivernent aux États-Unis, Ringelman et Szymczak (1985) ont signalé que la longueur de l'aile était le meilleur indice de la taille corporelle. Cependant, nous avons choisi la longueur totale du corps pour annuler l'effet des différences de taille parce que cette variable est un bon indice de taille corporelle pour plusieurs autres espèces de canards (Bailey 1979; Wishart 1979; Chappell et Titman 1983). Moser et Rusch (1988) ont également constaté que la longueur totale du corps est fortement corrélée avec le volume squelettique chez la Bernache du Canada *Branta canadensis*.

Les poids absolus de graisse et de protéines chez un individu sont couramment désignés comme étant les réserves de graisse et de protéines. Cependant, nous préférons définir les « réserves » comme étant les poids normalisés de graisse et de protéines obtenus par analyse de la covariance après correction pour la taille corporelle. On peut illustrer l'importance de la correction pour la taille en réalisant une analyse de la variance des données relatives à la graisse et aux protéines sans utiliser la longueur totale du corps comme covariable. En procédant de cette façon, nous avons constaté que les adultes avaient significativement plus de graisse que les immatures, et les mâles, significativement plus de protéines que les femelles. L'ANCOVA fait disparaître ces différences (tableaux 3 et 4), ce qui montre que les réserves de graisse ne différaient pas entre les groupes d'âge et que les réserves protéiques ne différaient pas entre les sexes après correction pour la taille corporelle.

Indices de condition

Le poids corporel constitue une bonne variable de prédiction de la graisse corporelle chez certaines espèces (Chappell et Titman 1983), mais pas chez d'autres (Wishart 1979; Gauthier et Bédard 1985; Hohman et Taylor 1986). Chez les Canards colverts hivernants, le poids corporel ne rend compte que de 46 % de la variation de la graisse corporelle (Ringelman et Szymczak 1985). Chez les Canards noirs, le poids corporel s'est avéré un bon paramètre pour l'estimation des réserves de graisse, rendant compte de 69 % et de 82 % de la variance chez les mâles et chez les femelles, respectivement (tableau 5). La corrélation entre le poids corporel et la quantité de graisse a probablement été quelque peu surestimée, étant donné que les changements dans les protéines corporelles étaient parallèles à ceux constatés dans les matières grasses (fig. 1 et 2). On aurait pu s'attendre à des corrélations plus faibles si les quantités de protéines avaient été stables ou si elles avaient varié en raison inverse des quantités des matières grasses. Il y a donc tout lieu d'être prudent lorsqu'on applique des formules de prédiction des quantités de graisse dans les périodes du cycle annuel où l'on soupçonne l'éventualité de situations de ce genre.

Dans toutes les formules de prédiction des réserves protéiques, les paramètres retenus sont le poids corporel et une ou deux mesures morphométriques (tableau 5). Cela n'est pas surprenant étant donné l'influence de la taille corporelle sur la masse protéique (voir *supra*). Les équations de prédiction pour les réserves protéiques ont donné généralement de meilleurs résultats que celles pour les réserves de graisse.

Johnson et al. (1985) ont suggéré qu'il valait mieux établir des équations prédictives pour des indices de condition (c.-à-d. des ratios tenant compte de la taille corporelle) plutôt que pour le poids absolu lorsqu'on veut comparer les réserves d'énergie entre des individus. Nous avons établi des équations de ce genre intégrant le PSSG et la longueur totale du corps (tableaux 5 et 6). Ces équations, cependant, avaient souvent moins de pouvoir de prédiction que celles prédisant le poids absolu. En guise d'alternative, nous recommandons l'utilisation de formules prédictives pour l'estimation du poids absolu de la graisse ou des protéines chez chaque individu et, pour les comparaisons inter-individuelles, l'utilisation de l'ANCOVA corrigeant pour la taille corporelle, avec la longueur totale du corps comme covariable (voir également Blem 1984).

Dynamique des réserves d'énergie

Les variations saisonnières de poids corporel et des réserves nutritives chez les Canards noirs hivernants dans l'estuaire du Saint-Laurent se sont avérées similaires à celles constatées par Hepp (1986) chez les Canards noirs en captivité. Le poids corporel a augmenté, de façon non significative cependant, d'octobre à décembre et a diminué de décembre à mars. Les variations de poids corporel résultaient de variations tant dans les réserves de graisse que dans celles de protéines (fig. 1 et 2).

Les réserves totales de protéines étaient plus élevées de 20 g chez les adultes que chez les immatures (fig. 2). Vingt grammes de protéines équivalent à 81,6 g de masse musculaire fraîche, en supposant une teneur en eau de 75,5 % pour les muscles exempts de graisse (selon les équations du tableau 1). Donc, 80 % des 102 g de différence entre le poids corporel des adultes et celui des

immatures (fig. 1) était attribuable à la différence de masse musculaire. Cette différence provenait peut-être de la croissance incomplète des immatures au cours de leur premier hiver.

Si le fait d'hiverner dans les régions boréales expose les Canards noirs à un stress énergétique, comme l'ont suggéré Albright et al. (1983), les Canards noirs de l'estuaire du Saint-Laurent devraient avoir un poids corporel inférieur à celui des canards en captivité gardés dans des conditions moins rigoureuses. Le poids corporel moyen des Canards noirs adultes de l'estuaire du Saint-Laurent se situait entre celui d'adultes en captivité soumis à un régime pauvre et celui de canards nourris *ad libitum* pendant les mêmes périodes (données tirées de Hepp 1986). En mars, le poids des mâles adultes du Saint-Laurent était supérieur, mais de façon non significative, à celui des adultes en captivité nourris *ad libitum*. Les données étaient trop limitées pour permettre d'établir une comparaison valable entre les immatures. Selon toute apparence, les Canards noirs adultes n'étaient pas soumis à un stress énergétique lors de leur hivernage dans le Saint-Laurent.

Les variations observées dans les poids corporels (augmentation en automne, diminution en hiver) sont semblables à celles signalées chez les Canards colverts et les Morillons à dos blanc en captivité (Perry et al. 1986; Pattenden et Boag 1989), ainsi que chez les Canards colverts, les Sarcelles à ailes vertes *Anas crecca*, et les Canards pilets *Anas acuta* sauvages (Whyte et Bolen 1984; Baldassare et al. 1986; Miller 1986). Pourtant, ces espèces hivernent dans une foule de milieux différents, des plus cléments aux plus rigoureux. Cette similitude laisse entendre que la dynamique des réserves énergétiques des espèces de sauvagine lors de leur hivernage est d'abord réglée par un cycle endogène plutôt que par les conditions du milieu (Hepp 1986; Perry et al. 1986).

Plusieurs facteurs pourraient rendre compte d'un tel cycle énergétique en hiver. Premièrement, la perte de masse corporelle pourrait être adaptative (p. ex., diminution de la dépense énergétique liée au vol) et pourrait résulter d'une « anorexie volontaire » (King et Murphy 1985). Deuxièmement, les processus physiologiques ou comportementaux se déroulant en hiver peuvent avoir une plus grande importance qu'on ne le croyait auparavant dans la dynamique des réserves de l'organisme. Les activités liées à la formation et au maintien des couples peuvent imposer des contraintes en matière de nutrition chez les canards qui hivernent (Hepp et Hair 1984). Chez les Canards pilets, Miller (1986) a constaté que la diminution hivernale du poids corporel était associée à une recrudescence de l'activité de parade nuptiale. La mue pré-fondamentale des plumes du corps, un phénomène examiné récemment par Heitmeyer (1987) chez les Canards colverts, mais encore largement inconnu chez d'autres canards, constitue une autre contrainte potentiellement importante pour les canards hivernants.

Tous ces facteurs laissent croire que l'hiver n'exerce sans doute pas toujours un stress énergétique sur les canards, même lorsque ceux-ci hivernent dans des conditions rigoureuses. Selon King et Murphy (1985), on ne peut conclure qu'un animal est soumis à un stress nutritionnel sans avoir une connaissance approfondie de ses besoins en éléments nutritifs. Pour déterminer la dynamique des réserves d'énergie de la sauvagine, on doit avoir à l'esprit que les processus biologiques qui se produisent pendant l'hiver peuvent être plus importants que les conditions du milieu, comme c'est le cas pendant la saison de reproduction.

Remerciements

La présente étude a été réalisée grâce au soutien financier du Service canadien de la faune et à une subvention accordée à Gilles Gauthier par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada. Nous tenons à remercier Germain Savard et Roland Otis pour la capture des oiseaux, Julie Moisan et Gaétan Rochette pour avoir contribué à l'autopsie des animaux, et Gérard Picard pour avoir effectué les analyses de graisse. Enfin, par leurs commentaires, Jean Huot, Jean Bédard et Austin Reed nous ont permis d'améliorer les premières versions du présent article.

Bibliographie

Albright, J.J.; Owen, fils, R.B.; Corr, P.O. 1983. The effects of winter weather on the behavior and energy reserves of black ducks in Maine. Trans. Northeast Fish Wildl. Conf. 40:118–128.

Alisauskas, R.T.; Ankney, C.D. 1987. Age-related variation in the nutrient reserves of American coott (*Fulica americana*). J. Can. Zool. 65:2417–2420.

Bailey, R.O. 1979. Methods of estimating total lipid content in the redhead duck (*Aythya americana*) and an evaluation of condition indices. J. Can. Zool. 57:1830–1833.

Baldassarre, G.A.; Whyte, R.J.; Bolen, E.G. 1986. Body weight and carcass composition of nonbreeding green-winged teal on the southern high plains of Texas. J. Wildl. Manage. 50:420–426.

Bellrose, F.C. 1980. Ducks, geese and swans of North America. Stackpole Press, Harrisburg, Pa.

Blem, C.R. 1984. Ratios in avian physiology. Auk 101:153–155.

Chappell, W.A.; Titman, R.D. 1983. Estimating reserve lipids in greater scaup (*Aythya marila*) and lesser scaup (*Aythya affinis*). J. Can. Zool. 61:35–38.

Conroy, M.J.; Costanzo, G.R.; Moser, E.B. 1989. Winter survival of female black ducks on the Atlantic coast. J. Wildl. Manage. 53:99–109.

Drobney, R.D. 1982. Body weight and composition changes and adaptations for breeding in wood ducks. Condor 84:300–305.

Gauthier, G.; Bédard, J. 1985. Fat reserves and condition indices in greater snow geese. J. Can. Zool. 63:331–333.

Gauthier, G.; Bédard, J.; Huot, J.; Bédard, Y. 1984. Spring accumulation of fat by greater snow geese in two staging habitats. Condor 86:192–199.

Hanson, H.C. 1962. The dynamics of condition factors in Canada geese and their relation to seasonal stresses. Arct. Inst. North Am. Tech. Pap. No. 12.

Haramis, G.M.; Nichols, J.D.; Pollock, K.N.; Hines, J.E. 1986. The relationship between body mass and survival of wintering canvasback. Auk 103:506–514.

Heitmeyer, M.E. 1987. The prebasic molt and basic plumage of female mallards (*Anas platyrhynchos*). J. Can. Zool. 65:2248–2261.

Hepp, G.R. 1986. Effects of body weight and age on the time of pairing of American black ducks. Auk 103:477–484.

Hepp, G.R.; Hair, J.D. 1984. Dominance in wintering waterfowl (Anatini): effects on distribution of sexes. Condor 86:251–257.

Hohman, W.L.; Taylor, T.S. 1986. Indices of fat and protein for ring-necked ducks. J. Wildl. Manage. 50:209–211.

Johnson, D.H.; Krapu, G.L.; Reinecke, K.J.; Jorde, D.G. 1985. An evaluation of condition indices for birds. J. Wildl. Manage. 49:569–575.

Jorde, D.G.; Owen, fils, R.B. 1988. Efficiency of nutrient use by American black ducks wintering in Maine. J. Wildl. Manage. 52:209–214.

Kaminsky, S.; Ryan, R.A. 1981. Weight changes in redheads and canvasbacks during the winter. N.Y. Fish Game J. 28:215–222.

King, J.R.; Murphy, M.E. 1985. Periods of nutritional stress in the annual cycles of endotherms: fact or fiction? Am. Zool. 25:955–964.

Lehoux, D.; Bourget, A.; Dupuis, P.; Rosa, J. 1985. La sauvagine dans le système du Saint-Laurent. Rapp. non publié, Serv. can. de la faune, Région du Québec, Québec.

Miller, M.R. 1986. Northern pintail body condition during wet and dry winters in the Sacramento valley, California. J. Wildl. Manage. 50:189–198.

Moser, T.J.; Rusch, D.H. 1988. Indices of structural size and condition of Canada geese. J. Wildl. Manage. 52:202–208.

Pattenden, R.K.; Boag, D.A. 1989. Effects of body mass on courtship, pairing, and reproduction in captive mallards. J. Can. Zool. 67:495–501.

Perry, M.C.; Kuenzel, W.J.; Williams, B.K.; Serafin, J.A. 1986. Influence of nutrients on feed intake and condition of captive canvasback in winter. J. Wildl. Manage. 50:427–434.

Peterson, S.R.; Ellarson, R.S. 1979. Changes in oldsquaw carcass weight. Wilson Bull. 91:288–300.

Reed, A.; Bourget, A. 1977. Distribution and abundance of waterfowl wintering in southern Québec. Can. Field-Nat. 91:1–7.

Reinecke, K.J.; Stone, T.L.; Owen, fils, R.B. 1982. Seasonal carcass composition and energy balance of female black ducks in Maine. Condor 84:420–426.

Ringelman, J.K.; Szymczak, M.R. 1985. A physiological condition index for wintering mallards. J. Wildl. Manage. 49:564–568.

SAS Institute Inc. 1983. SAS user's guide: statistics. Cary, N.C.

Savard, J.-P. L. 1990. Population de sauvagine hivernant dans l'estuaire du Saint-Laurent : écologie, distribution et abondance. Serv. can. de la faune, Série de rapp. tech. n° 89, Région du Québec, Québec.

Statistical Graphics Corporation. 1988. Statgraphics. Rockville, Md.

Whyte, R.J.; Bolen, E.G. 1984. Variation in winter fat depots and condition indices of mallards. J. Wildl. Manage. 48:1370–1373.

Wishart, R.A. 1979. Indices of structural size and condition of American wigeon (*Anas americana*). J. Can. Zool. 57:2369–2374.

Annexe 1
Poids corporel (g), graisse (g) et protéines (g) chez les Canards noirs hivernant dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon le sexe, l'âge et le mois de capture (moyenne ± É.-T.)

	N	Poids corporel[a]	Graisse corporelle totale	Graisse sous-cutanée	Graisse abdominale	Protéines corporelles totales	Protéines de la poitrine	Protéines de la patte	Protéines du gésier
Mi-octobre									
Mâle									
Immature	7	1292±25	130±23	77±15	5,5±2,4	232±2	30,3±0,5	8,67±0,22	11,16±0,64
Adulte	2	1315±133	99±65	60±46	5,7±4,7	243±13	29,8±1,4	9,14±0,32	12,51±2,01
Femelle									
Immature	9	1118±40	129±20	82±13	7,3±2,0	204±5	26,4±0,8	8,25±0,18	9,36±0,53
Adulte	3	1164±80	133±48	82±35	9,2±5,7	211±9	37,6±2,7	8,74±0,14	9,43±0,06
Mi-Décembre									
Mâle									
Immature	4	1326±29	232±27	150±18	19,5±4,5	229±4	31,7±1,1	8,68±0,28	8,71±0,29
Adulte	11	1504±42	306±31	203±21	22,6±3,2	258±6	34,7±0,9	9,99±0,30	10,11±0,44
Femelle									
Immature	1	1170	127	68	10,4	224	31,5	8,75	9,34
Adulte	5	1301±53	254±32	165±20	21,4±4,1	227±9	31,3±1,1	9,26±0,32	9,27±0,28
Début de mars									
Mâle									
Immature	1	1073	67	38	1,7	188	26,6	7,50	8,67
Adulte	6	1351±42	150±27	84±17	9,6±3,4	245±7	36,2±0,8	11,21±0,51	8,71±0,29
Femelle									
Immature	1	1022	43	23	0,8	177	26,5	8,37	8,67
Adulte	1	1288	179	109	13,5	230	33,3	9,55	8,77

[a] Poids corporel de l'animal fraîchement capturé (sur le terrain) moins les ingesta.

LE PLAN VERT DU CANADA

Pensez à recycler!

Imprimé sur du papier recyclé

Publié en vertu de l'autorisation du ministre de l'Environnement
©Ministère des Approvisionnements et Services Canada, 1992
No. de catalogue CW69-9/202F
ISBN 0-662-97847-1
ISSN 0703-0967